

Modelo de mejora ambiental para la producción mas limpia de cobre, y su influencia en la gestión empresarial con ecuaciones estructurales

RECIBIDO: 01/06/2018 ACEPTADO: 25/07/2018

EDILBERTO MIGUEL AVALOS ORTECHO¹

RESUMEN

Muchos estudios han evaluado los beneficios de producción más limpia en el rendimiento de los negocios, pero no han llegado a resultados concluyentes. Esta investigación trata de hacer dos contribuciones la gestión de los negocios. Primeramente, varios tipos de actividades de tecnologías limpias son comparadas; habilidades blandas y duras. Segundo, este estudio complementa la literatura existente la cual se enfoca en compañías de la industria minera de cobre en el Perú. Además, fue evaluado la relación entre tecnologías limpias y el rendimiento empresarial usando un modelo de ecuaciones estructurales (SEM). Un impacto total positivo de las tecnologías limpia en el desempeño empresarial fue hallado. Por otro lado, también se halló que las actividades de producción más limpia de alto costo tienen una mayor contribución en el rendimiento financiero comparado con el rendimiento no financiero; mientras que las actividades de bajo costo tienen una mayor contribución en el rendimiento no financiero comparado con el rendimiento financiero.

Palabras-claves: Producción más limpia; prevención de contaminación; rendimiento empresarial.

ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT MODEL FOR CLEANER COPPER PRODUCTION AND ITS INFLUENCE ON BUSINESS MANAGEMENT WITH STRUCTURAL EQUATIONS

ABSTRACT

Numerous studies have assessed the benefits of cleaner production on business performance but have not yet reached conclusive results. This investigation is an attempt to make two contributions to business management. Firstly, various types of cleaner production activities are compared, as well as hard and soft skills. Secondly, this study complements existing literature that focuses on Peruvian copper mining industry. Additionally, the relationship between cleaner production and business performance was evaluated using Structural Equation Modelling (SEM). An overall positive impact of cleaner production on business performance was found. On the other hand, it was also found that high-cost cleaner production activities have a bigger contribution to financial performance compared to non-financial performance, whereas low-cost cleaner production activities have a greater contribution to non-financial performance compared with financial performance.

Keywords: Cleaner production; pollution prevention; business performance.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las actividades mineras afecta relativamente pequeñas áreas, y generan un impacto significativo en el medio ambiente local (Salomons, 1995).

Sin embargo el sector minería ha causado impactos ambientales significativos durante la década de los 80's, generando contaminación del agua, aire y vastas zonas, impactando la flora y fauna del país debido a la falta de regulación ambiental. (Figuerola, Orihuela, y Calfucura, 2010). No obstante, durante la década de los 90's una nueva y más coherente y efectiva legislación ambiental fue implementada, la mejora del sector minero metálico en cumplimiento con la regulación ambiental ha sido lenta, y solo desde 1998 se ha observado un mejor desempeño. (World Bank 2007). Por otro lado, las compañías hoy en día tienen fuerte presión de parte de stakeholders para implementar sistemas de gestión y control ambiental, especialmente desde la declaración del Río en 1992 y el protocolo de Kioto en 1997, esto debido fundamentalmente al rechazo por los contaminantes emitidos en el proceso de sus operaciones. (Dessus y Bussolo, 1998). En estas circunstancias, sin embargo, se estima que hay una compensación entre el desempeño ambiental y económico por que el costo del impacto ambiental privado conduce a un mayor precio y reduce competitividad (Porter y Van der Linde, 1995).

No se han encontrado estudios de la influencia de producción más limpia en la gestión empresarial en el Perú para el sector minería de cobre; en consecuencia, el presente estudio se enfoca en identificar una relación de causalidad entre producción más limpia y tecnologías limpias (prevención de la contaminación) y la gestión empresarial en el sector minería de cobre.

¹ Magister en Dirección Estratégica de Empresas (MBA); Magister en Dirección y Gestión Medioambiental; Profesor en la Facultad de Ingeniería en Universidad de Lima.
E-mail: eavalos@ulima.edu.pe

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Algunos autores sostienen que la estrategia medioambiental de una empresa se puede erigir en una herramienta que ayuda a mejorar su ventaja competitiva y a mejorar también su rendimiento (Hart, 1995; Porter y Van der Linde, 1995). Por el contrario, otros autores han cuestionado el optimismo de las defensoras de la influencia de la variable medioambiental en la competitividad empresarial (Wagner, 2005; Testa et al, 2013).

Asimismo; los vertidos al medio ambiente como los desperdicios, sustancias en forma de energía son una señal de que se han usado recursos de forma incompleta o ineficientemente. En los últimos años, las empresas y las autoridades han aceptado la idea de prevención de la contaminación, también llamada "reducción en el origen", que recurre a métodos como la sustitución de materiales y los procesos de ciclo cerrado para limitar la contaminación antes de que tenga lugar. En la actualidad, los directivos empresariales y las autoridades se centran en el coste material de eliminar o reducir la contaminación. Deberán modificar su enfoque y fijarse también en el coste de oportunidad: los recursos mal gastados, el trabajo mal gastado y la pérdida de valor del producto. En el plano de la productividad de los recursos, la mejora ambiental y la competitividad van de la mano. (Porter y Van der Linde, 1995).

Asimismo, las convenciones sugieren que hay una compensación entre desempeño ambiental y económico de las organizaciones, muchos estudios empíricos han encontrado una relación positiva con la realidad. (Porter y Van der Linde, 1995). Estos estudios generalmente examinan estas relaciones basadas en las siguientes hipótesis: (1) mejor (peor) desempeño ambiental incrementa (disminuye) el desempeño financiero. Por ejemplo, Hamilton (1995) empleó un estudio de eventos con datos de compañías americanas con inventario de emisiones tóxicas (TRI) y halló una relación entre la declaración de los TRI y un retorno anormal negativo.

King y Lenox (2002) usaron regresión de efectos fijos con datos de 614 compañías de manufactura durante 1991 y 1996, hallaron influencia positiva de la prevención de la contaminación y el ROA. Darnall et al. (2007) usaron un modelo de regresión con datos de una encuesta de OECD de 4000 empresas de Canadá, Francia, Alemania, Hungría, Japón, Noruega y Estados Unidos en el 2003. Los resultados indicaron una relación positiva entre las mediciones de desempeño ambiental incluyendo reducción de vertimientos y emisiones atmosféricas y el beneficio financiero. Un efecto positivo del

desempeño ambiental en el desempeño económico resulta de un incremento en ventas acompañando del incremento de la demanda por los clientes debido a una mayor conciencia ambiental, junto con reducción de costos a través de la productividad (King y Lenox, 2002).

Según Saizarbitoria y Landín (2011) en un estudio que hicieron a 268 empresas que implementaron el SGA ISO 14001 sobre el impacto del sistema de gestión medioambiental en rendimiento financiero hallaron que las empresas certificadas tuvieron un rendimiento de 5.91 %, mientras que la rentabilidad de las empresas no certificadas fue de 4.32%.

La adopción de la gestión ambiental mediante producción más limpia ayuda a las empresas a cumplir con las regulaciones ambientales, incrementa su productividad y también permite proteger los recursos ambientales, es decir tiene un considerable potencial para contribuir tanto económicamente así como con la sostenibilidad ambiental. La prevención de la contaminación puede consecuentemente ayudar a las empresas a alcanzar una relación gana-gana lo cual permitirá asegurar beneficios tanto a las compañías así como al medio ambiente (Molina-Azorin et al, 2009).

En el Perú, la autoridad competente que promueve la implementación de producción más y tecnologías limpias es el Ministerio del Ambiente y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA); sin embargo, son pocas las empresas mineras del sector cobre que aplican dichas tecnologías pues no hay incentivos tributarios que estimulen a las empresas a hacer inversiones para prevenir la contaminación. Por otro lado, el Organismo Internacional de Normalización (ISO) en su reporte del año 2015 respecto al número de empresas certificadas en el SGA ISO 14001:2015 (Sistema de Gestión Ambiental) muestra que en el Perú solo se encuentran registradas un total de 353 empresas de las cuáles menos del 10% corresponden al sector minería. En el mundo, hay 324,148 empresas certificadas, siendo la China el líder con 117,158 empresas certificadas. (ISO 14001; 2015).

Otro aspecto importante de este estudio es la relación que tiene producción más limpia con ecología industrial y desarrollo sostenible integrados dentro de un sistema de gestión ambiental, según Basu y Hamner (2006), tal como se muestra en la Figura 1. Por otro lado, Tibbs (1992) define ecología industrial como interpretar y adaptar una comprensión del sistema natural y aplicarlo al sistema hecho por el hombre con la finalidad de alcanzar patrones de industrialización que no solo sean eficientes sino

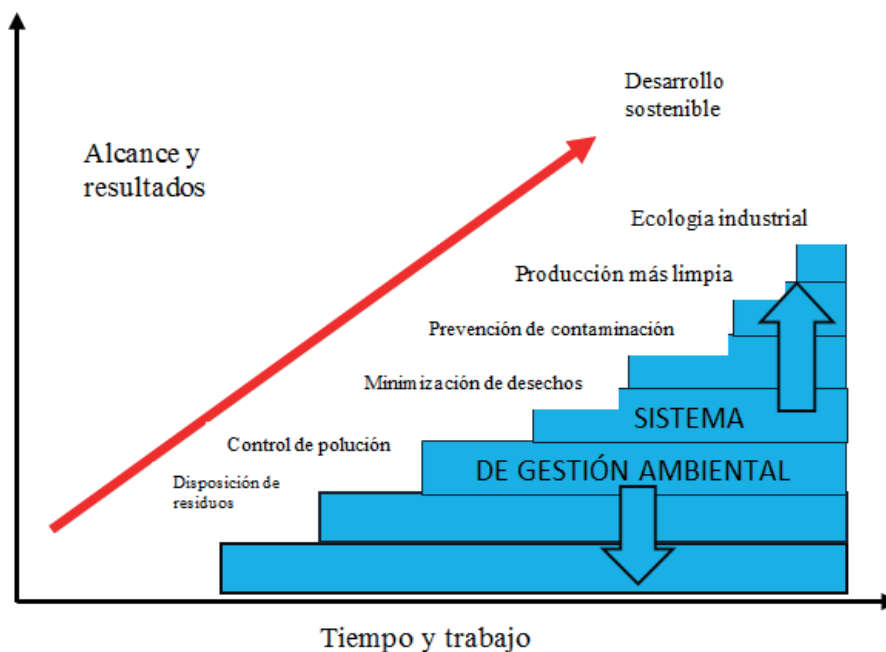


Figura 1. La escalera de conceptos para sistemas de gestión ambiental

Fuente: Basu y Hamner, 1996

también intrínsecamente sensibles a las tolerancias y características del sistema natural.

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Se ha tomado como muestra en total 21 grandes y medianas empresas que representan el 98% de la producción total de cobre en el país (1047 979 TM/año representa la producción total de cobre en el Perú), en conjunto se producen aproximadamente 24,867 TM/año. (Reporte anual BCRP 2016). Se elaboró una encuesta que validó por expertos y luego se aplica el instrumento de medición que en total tiene 52 preguntas que cubren las 17 variables considerando tres dimensiones para cada una de las variables.

3.1. Hipótesis

En el Perú a partir del año 1993 para todos los proyectos nuevos en todos los sectores de producción se exige la presentación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), estudio que se presenta a la autoridad competente y se pone a consideración de población que podría verse afectada por los impactos ambientales de un nuevo proyecto de inversión en minería. En dicho estudio se identifican los impactos potenciales de un proyecto de inversión en minería y la empresa formula propuestas de ejecución de proyectos para mitigar los impactos ambientales

identificados para que dichos impactos se encuentren dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental peruana, siendo el MINAM a través de la OEFA quien se encarga de vigilar dicho cumplimiento mediante la ejecución de fiscalizaciones ambientales. Las fiscalizaciones buscan verificar que las emisiones y vertimientos estén conforme a los estándares en las regulaciones y leyes (Límites máximos permisibles) (Diao et al.; 2009). En este artículo un modelo es desarrollado para examinar la relación entre diferentes tipos de producción más limpia (esquemas de costo bajo y alto) actividades y desempeño de negocios incluyendo desempeño financiero y no financiero.

Tomando la propuesta de Zeng et al (2010) se plantean las siguientes hipótesis:

H₁: Producción más limpia de esquema de bajo costo tiene un impacto positivo en el desempeño financiero.

H₂: Producción más limpia de esquema de bajo costo tiene un impacto positivo en el desempeño no financiero.

H₃: Producción más limpia de esquema de alto costo tiene un impacto positivo en el desempeño financiero.

H₄: Producción más limpia de esquema de alto costo tiene un impacto positivo en el desempeño no financiero.

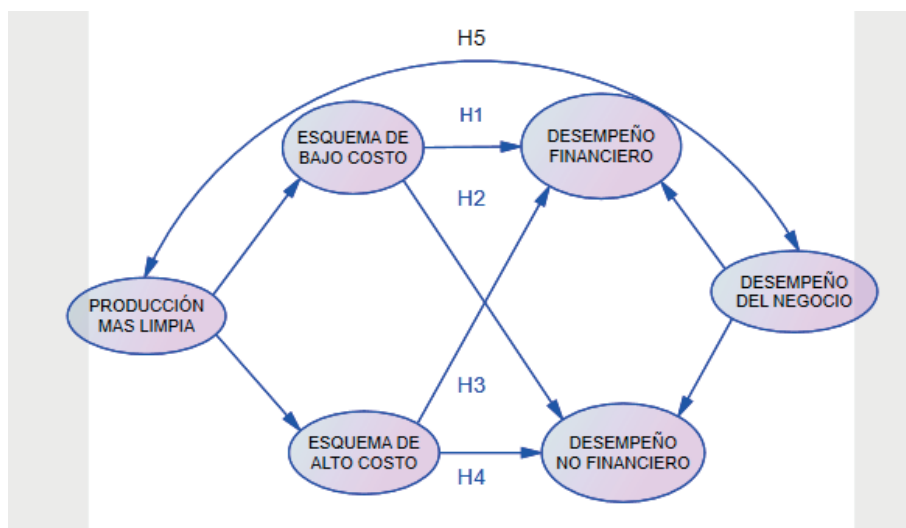


Figura 2. Relación entre producción más limpia y desempeño empresarial

Fuente: Zeng et al, 2010

H₅: Se hace inferencia a partir de hipótesis 1 y 4 en relación entre producción más limpia y el desempeño de las empresas, el cual genera la 5ta hipótesis tal como se muestra en la Figura 2.

H₆: La inversión que hace la empresa en producción más limpia dentro de un sistema de gestión ambiental ISO 14001:2015 alineado al planeamiento estratégico mejora el desempeño ambiental y la productividad de la organización.

3.2. Mediciones

3.2.1 Índices de producción más limpia

Zhou y Zhao (2002), indicaron tomando como base la definición de producción más limpia, que “las actividades de producción más limpia pueden ser categorizadas en dos tipos: esquema de bajo costo y esquema de alto costo. El esquema de bajo costo ayuda a alcanzar metas blandas” (p. 09) tales como las mejoras del sistema de gestión y la concientización ambiental de los empleados, entre otros. Estas actividades de producción más limpia requieren pequeño capital de inversión. El esquema de costo alto requiere altas inversiones en tecnologías para mejorar la eficiencia del proceso, plantas de ácido y plantas de tratamiento de aguas industriales; en otros involucra rediseño de proceso de producción, instalación de nuevos equipos, cambio de materias primas y uso de energía limpia, etc.

Consultando con Yüksel (2008) y considerando el estudio de Zeng et al.; (2010), 11 variables observables fueron elegidas para describir las actividades de bajo y alto costo en producción más limpia con datos detalladas en la Tabla 1.

3.2.2 Índices de desempeño empresarial

En cuanto al desempeño empresarial; se considera dos aspectos; desempeño financiero y no financiero. Mediciones del desempeño financiero incluyen rentabilidad, beneficio promedio neto, ROE (beneficios netos después de impuestos/fondos propios). Desempeño no financiero es medido como participación de mercado, imagen corporativa y confianza del accionista con la compañía (Zeng et al., 2010).

En el cuestionario, para cada variable, se consideró evaluar en tres dimensiones, es decir se aplicaron 51 preguntas, y 3 preguntas para indagar información sobre las empresas y el personal encuestado.

4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN Y DATOS

4.1 Métodos

4.1.1 Modelo de ecuación estructural

Se tomó como referencia el procedimiento propuesto en el artículo sobre estudio del impacto de producción más limpia en el desempeño empresarial (Zeng et al; 2010); es decir se usa un modelo de ecuación estructural para examinar la relación entre producción más limpia y el desempeño empresarial. El modelo de ecuación estructural (SEM) es una técnica que involucra el camino para análisis de regresión múltiple y análisis de factor confirmatorio. (Hussey, 2007).

SEM consiste en la estructura y la medición de la ecuación. La estructura de la ecuación representa

Tabla 1. Indicadores de producción más limpia bajo el esquema de bajo y alto costo, desempeño financiero y no financiero.

Índices de evaluación	Variables	Código	Evaluación de indicadores	Variables	Código
Esquema de bajo costo	1.Capacitación	LCCP1	Indicadores financieros	12.Rentabilidad	FBP1
	2.Condiciones de trabajo	LCCP2		13.Incremento promedio de utilidades netas	FBP2
	3.Procedimientos estandarizados	LCCP3		14.Utilidades despues de impuestos	FBP3
	4.Cultura de prevención de contaminación	LCCP4	Indicadores no financieros	15.Participación de mercado	NFBP1
	5.Mejora continua de procesos	LCCP5		16.Imagen empresarial	NFBP2
	6. Sistema de gestión ambiental y análisis del ciclo de vida.	LCCP6		17.Confianza de los accionistas	NFBP3
Esquema de altos costos.	7.Tecnologías limpias (Isasmelt)	HCCP1			
	8.Energía limpia	HCCP2			
	9.Recursos renovables	HCCP3			
	10.Ecodiseño de productos	HCCP4			
	11.Ecología industrial	HCCP5			

Fuente: Impacto de producción más limpia en el desempeño empresarial (Journal de producción más limpia, 2010). Se adecuaron los índices al contexto de la minería de cobre en el Perú.

la relación entre variables latentes, las cuáles muestran la relación cualitativa entre variables exógenas y endógenas en un análisis de regresión lineal. La relación de las mediciones del mapa de ecuaciones entre las variables latentes y las variables observables por el análisis de factor confirmatorio (Jia y Liu, 2008).

El software SPSS y AMOS versión 22 se usa para llevar a cabo el análisis y desarrollar un modelo apropiado que pueda reflejar la variación de los datos en una larga extensión. (Zeng et al; 2010).

4.1.2 Ajuste

El índice de ajuste son indicadores que estudian la similitud entre la matriz de covarianza estimada y covarianza de muestra. Los estadísticos χ^2 en SEM son muy sensibles al tamaño de la muestra, debido a que χ^2/df (grados de libertad) es el mejor estadístico que verifica la similitud de la matriz de covarianza de la muestra y la matriz de covarianza estimada. El valor teórico que se espera de χ^2/df es 1. El mas cercano a χ^2/df es 1, el mas similar en la muestra de covarianza debe ser estimado con la matriz de covarianza, el cual indica un mejor ajuste del modelo (Schaltegger y Synnstedt, 2002). En general cuando $\chi^2/df < 3$ el modelo es considerado aceptable.

4.2 Datos

Un aspecto importante para determinar la relación entre producción más limpia y el desempeño em-

presarial es la recolección de datos. Los datos fueron colectados a través de una encuesta. (Zeng et al; 2010). Primero se aplicó un estudio piloto para evaluar la validez y confiabilidad fue conducido. 05 expertos quienes tienen una amplia experiencia en producción más limpia fueron invitados para el evaluar el cuestionario. En adición 21 gerentes de empresas de las empresas productoras de cobre fueron invitados para completar el cuestionario como una evaluación piloto. Los cuestionarios fueron modificados basados en la retroalimentación en esta etapa. Los cuestionarios finales fueron enviados gerentes seniors quienes fueron responsables de la gestión medioambiental en 21 empresas de cobre listadas en el directorio del ministerio de energía y minas (MEM). Un total de 20 compañías respondieron (14 encuestados por empresa con un total de 250 encuestas válidas). Todos los que respondieron fueron gerentes de operaciones, medio ambiente y gerencia general (Zeng et al; 2010).

5. RESULTADO Y ANÁLISIS

5.1 Confiabilidad y validez

5.1.1 Análisis de la confiabilidad

En cuanto a la confiabilidad de los resultados, en el artículo se indica que se usó el coeficiente alfa Cronbach, para verificar la consistencia interna de los ítems, el cual es ampliamente aceptado como evaluador confiable. Sin embargo, el valor acepta-

ble del coeficiente Cronbach carece de un estándar unificado. En la práctica es suficiente cuando el valor del coeficiente de consistencia es sobre 0.7. (Yüksel, 2008).

Se hizo la corrida del modelo para el análisis de confiabilidad con SPSS 22.0 para obtener el valor del coeficiente Cronbach para cada uno de los ítems de producción más limpia y desempeño empresarial. En la Tabla 2 se tabulan los coeficientes Cronbach para medir las actividades de producción más limpia. El valor del coeficiente tanto para el esquema de bajo y alto costo es mayor que 0.7, el cual muestra una consistencia interna de cada uno de los ítems relevantes. (Zeng et al; 2010).

La Tabla 3 muestra el coeficiente Cronbach para medir el desempeño empresarial. El valor del coeficiente tanto para el desempeño financiero y no financiero es mayor que 0.7, los cuales muestran nuevamente una gran consistencia interna de los ítems relevantes. (Zeng et al; 2010).

5.1.2 Análisis de la validez

La validez se refiere a la extensión en la cual los ítems revelan una información verdadera. El análisis de la validez incluye validez del contenido y construcción. La validez del contenido es la evaluación de la representatividad de los ítems en el cuestionario. Los entrevistados dicen que los ítems pueden comprenderse fácilmente. No hay incompreensión reportada en la prueba piloto. Esto indica una buena validez del contenido. Eso muestra que los ítems del cuestionario fueron designados basados en documentos confiables de producción más limpia y literatura existente. Respecto a la validez del constructo se refiere si la medición correlaciona con el constructo latente teórico el cual se pretendió medir. El análisis del factor confirmatorio es uno de las más efectivas herramientas para evaluar la validez del constructo. (Zhang y Chen, 2006). En este artículo, el factor de análisis confirmatorio es empleado para evaluar la validez del constructo. Factores comunes fueron calculados por la forma

Tabla 2. Análisis de confiabilidad para el esquema de bajo y alto de producción más limpia

	Código	Variable observable	Ítem corregido-correlación total	Alfa Combach si se borra el ítem	Coeficiente α
Esquema de bajo costo	LCCP1	1.Capacitación	0.658	0.578	0.827
	LCCP2	2.Condiciones de trabajo	0.716	0.801	
	LCCP3	3.Procedimientos estandarizados	0.567	0.697	
	LCCP4	4.Cultura de prevención de contaminación	0.538	0.686	
	LCCP5	5.Mejora continua de procesos	0.763	0.765	
	LCCP6	6. Sistema de gestión ambiental y análisis del ciclo de vida.	0.777	0.664	
Esquema de alto costo	HCCP1	7.Tecnologías limpias (Isasmelt)	0.667	0.633	0.794
	HCCP2	8.Energía limpia	0.721	0.801	
	HCCP3	9.Recursos renovables	0.667	0.682	
	HCCP4	10.Ecodiseño de productos	0.867	0.794	
	HCCP5	11.Ecología industrial	0.701	0.697	

Fuente: Impacto de producción más limpia en el desempeño empresarial (Journal de producción más limpia, 2010)

Tabla 3. Análisis de confiabilidad para el desempeño financiero y no financiero.

	Código	Variables	Ítem corregido-correlación total	Alfa Combach si se borra el ítem	Coeficiente α
Índices financieros	FBP1	Rentabilidad	0.765	0.812	0.854
	FBP2	Incremento de la tasa neta de rentabilidad	0.683	0.685	
	FBP3	Rendimiento por acción	0.735	0.738	
Índices no financieros	NFBP1	Participación de mercado	0.817	0.832	0.795
	NFBP2	Imagen empresarial	0.754	0.745	
	NFBP3	Desempeño ambiental	0.697	0.701	

Fuente: Impacto de producción más limpia en el desempeño empresarial (Journal de producción más limpia, 2010)

de la rotación varimax. Antes del análisis del factor, se evaluó la relatividad entre ítems usando el método de prueba de muestreo KMO y la prueba de esfericidad Bartlett con la finalidad de hallar si es factible el uso del factor de análisis.

De acuerdo al análisis de confiabilidad y validez demostrado, se concluye que el SEM es un modelo apropiado para estudiar la relación entre producción más limpia y el rendimiento empresarial.

5.2 Prueba de hipótesis basada en el modelo de ecuación estructural multivariable (SEM)

5.2.1 Relación entre producción más limpia y desempeño empresarial

Producción más limpia es representada por dos variables latentes exógenas, que es el esquema de bajo costo y el esquema de alto costo. El esquema de bajo costo tiene 6 variables observables, mientras que el esquema de alto costo tiene 5. Por ejemplo las actividades de la compañías del esquema de bajo costo son descritos con seis variables observables, incluyendo la mejora de la conciencia ambiental a través del entrenamiento y evaluación (LCCP1), mejora de las condiciones de trabajo para reducir desechos (LCCP2), reforzamiento de reglas estrictas de producción más limpia (LCCP3), (Henri y Jorneault, 2008), Políticas continuas para reforzar la producción más limpia en el largo plazo (LCCP4), incremento de reciclaje de componentes y produc-

tos (LCCP5), y posibilidades de reducir el uso de empaque son considerados (LCCP6).

El rendimiento empresarial consiste en dos variables endógenas latentes las cuales son el desempeño financiero y no financiero. Rentabilidad, incremento de beneficio neto y retorno después de impuestos, son variables observables usadas para describir el rendimiento financiero. Participación de mercado, imagen empresarial y confidencialidad del accionista son variables observables para el rendimiento no financiero. El SEM para la evaluación de la relación entre producción más limpia y rendimiento financiero se muestra en la Figura 3. Cuatro elipses representan las variables latentes, y rectángulos para variables observables. Cada variable latente es reflejada por más de una variable observable.

5.2.2 Evaluación del modelo de ecuación estructural (SEM)

La Tabla 4 reporta la estadística que refleja el ajuste del modelo SEM. Tal como se observó los valores de criterio, solo CFI es menos de 0.9. Eso podría ser debido al hecho de que CFI es fuertemente influenciado por el tamaño de la muestra. Mientras que la muestra en la encuesta no es grande, el valor de la muestra de X2/df es 1.34. Eso es cercano a 1, indicando que el modelo tiene un ajuste satisfactorio, el SEM puede ofrecer una buena explicación de los datos de entrada de los cuestionarios. (Zeng et al; 2010).

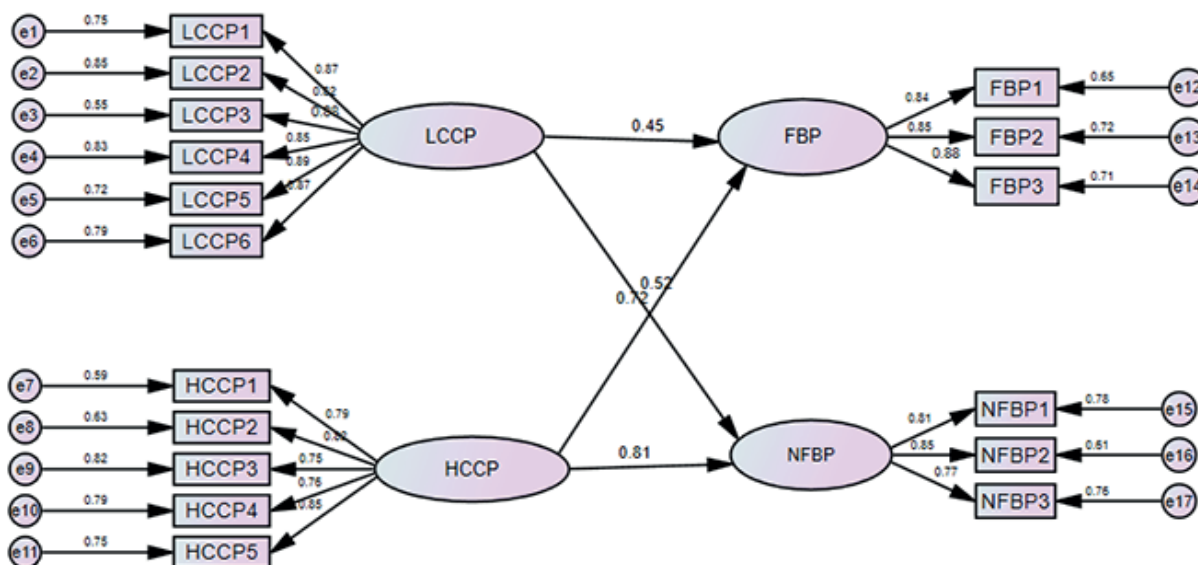


Figura 3. Modelo matemático: Variables endógenas y exógenas y la relación de producción más limpia y los resultados del negocio.

Tabla 4. Resultados de criterio para el SEM

Estimador estadístico	Covarianza/grados de libertad	Chi cuadrado	Índice de buen ajuste	Índice de bondad de ajuste corregido	Índice de ajuste comparativo	Índice de ajuste incremental	Índice de Tucker-Lewis	Error de aproximación de la media cuadrática
Índice	X ² /df	X ₂	GFI	AGFI	CFI	IFI	TLI	RMSEA
Estimador del valor	1.31	0.000	0.934	0.902	0.868	0.913	0.932	0.06
Criterio de medición	<3	<0.05	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	<0.8
Variables independientes	Y: desempeño de la organización y1: Desempeño financiero (Rentabilidad, incremento de tasa neta de rentabilidad, rendimiento por acción) y2: Desempeño no financiero (Participación de mercado, imagen empresarial, confianza de accionistas)							

Fuente: Impacto de producción más limpia en el desempeño empresarial (Journal de producción más limpia, 2010)

Interpretación: Ajuste absoluto: Según (Hair, Anderson, Tathan y Black (2007); consideran X²/df (1.31<3) y X² (0.00<0.05); por lo tanto, el modelo tiene un ajuste satisfactorio.

Ajuste comparativo: debe cumplir con: CFI, TLI e IFI; en este criterio también los estimadores estadísticos están dentro del criterio de aceptabilidad.

Tabla 5. Resultado de la evaluación de la hipótesis

Hipótesis	Relación de la ruta	Coefficiente de ruta estándar(M)	Valor P	Resultado
H1	Esquema de bajo costo	0.45	<0.001	SUSTENTO
	Desempeño financiero			
H2	Esquema de bajo costo	0.52	<0.001	SUSTENTO
	Desempeño no financiero			
H3	Esquema de alto costo	0.72	<0.001	SUSTENTO
	Desempeño financiero			
H4	Esquema de alto costo	0.81	<0.001	SUSTENTO
	Desempeño no financiero			
H5	Esquema de alto costo y bajo costo	0.83	<0.001	SUSTENTO
	Desempeño ambiental y financiero			
H6	Esquema de alto costo y bajo costo	0.85	<0.001	SUSTENTO
	Desempeño ambiental y no financiero			

Fuente: Impacto de producción más limpia en el desempeño empresarial (Producción más limpia, 2010)

Tabla 6. Empresas peruanas que implementaron producción más limpia y los resultados ambientales

Empresa	Tecnología de PML implementada	Esquema de bajo costo o alto costo	Resultados ambientales
1.Southern Perú Copper Corporation	Horno Isasmelt	Esquema de alto costo	Reducción de emisiones de SO2 en 72%.
2. Doe Run Perú	Planta de ácido de doble contacto	Esquema de alto costo	Reducción de emisiones de SO2 en 42%.
3.Minera Chinalco	Planta de tratamiento de aguas residuales	Esquema de alto costo	Aguas residuales industriales cumplen con LMP.
4. Sociedad Minera Cerro Verde	Uso de combustible limpio	Esquema de alto costo	Reducción de emisiones de gases efecto invernadero.
5. Compañía minera Antamina	Minero ducto	Esquema de alto costo	Reducción de impacto ambiental por derrame de concentrados desde planta hasta puerto Huarmeny

Fuente: Reportes ambientales de las empresas citadas.

5.2.3 Resultados y análisis

La figura 3 reporta los coeficientes de ruta. La hipotética relación de la ruta de coeficientes es listada en la Tabla 5. En la Tabla 5 se indica que el valor de cada ruta es positivo, el cual indica una relación positiva significativa y sustenta la hipótesis H1 a H4. Mientras que los valores sustentan las hipótesis H5 y H6, la cual indica que hay una relación significativa entre producción más limpia y rendimiento empresarial. Pero hay algunas diferencias entre los grados de correlación. Dos rutas, esquema de bajo costo/ rendimiento financiero y esquema de alto costo/rendimiento no financiero, tienen coeficientes agrandado respecto a los otros; el primero es 0.45 y el último es 0.81. El valor de 0.45 revela que las actividades de producción más limpia del esquema de bajo costo tienen una mayor contribución al desempeño financiero comparando con 0.52, su contribución al desempeño no financiero. La razón es que el esquema de bajo costo enfatiza mejoras de gestión, mejora de la conciencia ambiental de los empleados, estandarización de procedimientos, cultura de prevención de contaminación; los cuales no requieren una entrada financiera significativa, pero podrían suministrar beneficios financieros inmediatos.

Asimismo, respecto al esquema de alto costo, en el artículo se indica que: “La Tabla 5 y Figura 3 muestran que las actividades de alto costo tienen una mayor contribución en el desempeño no financiero (el valor es 0.81), comparado a su contribución con el desempeño financiero el cual es 0.72”. Esto refleja el hecho de que las actividades del esquema de alto costo, por ejemplo, usando eficientemente la energía y tecnologías limpias o usando recursos renovables como materias primas, requieren inversiones financieras significativas, pero no podrían resultar en beneficios económicos inmediatos. Cuando se hizo encuesta, muchas compañías habían implementado producción más limpia solo por dos o tres años. Futura investigación debe hacerse para explorar el impacto en el largo plazo de estas actividades de producción más limpia. (Zeng et al; 2010; pág. 981).

6. CONCLUSIONES

Si bien es cierto el gobierno peruano a través del MINAM y OEFA se esfuerzan por fiscalizar a las empresas de todos los sectores para que éstos cumplan con las normas ambientales vigentes los resultados indican que gran parte de las empresas del sector minería de cobre tienen multas por in-

cumplimientos a los límites máximos permisibles generando problemas de contaminación ambiental, deterioro del medio ambiente y daños a la salud de la comunidad donde éstas empresas operan. Este estudio muestra que si las empresas se enfocan en la prevención de la contaminación aplicando producción más limpia dentro de un sistema de gestión ambiental (ISO 14001, 2015) bajo la estrategia de la ecología industrial, cultura de procesos sostenibles tendrán resultados ventajosos en su sector pues la reducción de la contaminación en el origen mediante las tecnologías limpias reduce los contaminantes en el origen, reduce los costos operativos, y mejora significativamente la productividad y la competitividad. Este estudio aporta en dos aspectos al conocimiento. Primero, en vez de enfocarse en un aspecto, se trata de capturar el cuadro completo de la compañía con las actividades de producción más limpia. Se divide las actividades identificadas en dos categorías en dos categorías; actividades de producción de esquema de bajo y alto costo y se investigó y comparó los impactos de éstos dos tipos de actividades de producción más limpia con el rendimiento empresarial en una red de trabajo unificada. Segundo, es un complemento a la literatura existente la cual se enfoca en las compañías de los países desarrollados y deja las economías en desarrollo tal como es el caso de la industria minera de cobre en el Perú.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Basu, A. J., Hamner, A. (2006). Industrial ecology framework for achieving cleaner production in the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(3-4), 299-304. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.10.008>
- [2] Dessus, S., & Bussolo, M. (1998). Is There a Trade-off Between Trade Liberalization and Pollution Abatement? *Journal of Policy Modeling*, 20(1), 11-31. [https://doi.org/10.1016/S0161-8938\(96\)00092-0](https://doi.org/10.1016/S0161-8938(96)00092-0)
- [3] Diao, X.D., Zeng, S.X., Tam, C.M., Tam, Vivian W.Y. (2009). EKC analysis for studying economic growth and environmental quality: a case study in China. *Journal of Cleaner Production* 17 (5), 541-548
- [4] Figueroa B., E., Orihuela R., C., & Calfucura T., E. (2010). Green accounting and sustainability of the Peruvian metal mining sector. *Resources Policy*, 35(3), 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2010.02.001>

- [5] Hart, S.L., (1995). A natural-resource-based view of the firm. *Academy of Management Review* 20 (4), 986-1014
- [6] Hair, J., Anderson, R., Tathan, R., y Black, W. (2007). Modelos de ecuaciones estructurales. *Análisis Multivariante* (pp. 603-663). Editorial Pearson. Madrid.
- [7] Hamner, B. (1996). What is the relationship between cleaner production pollution prevention, waste minimization and ISO 14001? *The Asian Conference on cleaner production in the chemical industry*.
- [8] Henri, J., & Journeault, M. (2008). Environmental performance indicators: an empirical study of Canadian manufacturing firms. *Journal of Environmental Management*, 165-176.
- [9] Hussey, D. (2007). Using structural equation modeling to test environmental performance in small and medium-sized manufacturers: can SEM help SMEs? *Journal of Cleaner Production*, 303-312.
- [10] ISO 14001, (2015). Reporte anual de empresas certificadas en sistemas de gestión ambiental.
- [11] Jia, X., & Liu, L. (2008). Comparing the structural equation model with the simultaneous equation model. *Application of Statistics and Management* 27 (3), 439-446.
- [12] King, A., Lenox, M., 2002. Exploring the locus of profitable pollution reduction. *Management Science* 48(2), 289-299.
- [13] Molina-Azorín, J.F., et al. (2009). Quality Management, Environmental Management and Firm Performance: A Review of Empirical Studies and Issues of Integration. *International Journal of Management Reviews*, 11, 197-222
- [14] Tibbs, J., (1992) . Industrial ecology: an environmental agenda for industry. *The whole earth review; Winter 1992*.
- [15] Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*, 28(6), 128-129. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(95\)99997-E](https://doi.org/10.1016/0024-6301(95)99997-E)
- [16] Salomons, W. (1995). Environmental impact of metals derived from mining activities: Process, prediction, prevention. *Journal of Geochemical Exploration*, 52, 5-23.
- [17] Schaltegger, S., & Synnestevedt, T. (2002). The link between “green” and economic success: environmental management as the crucial trigger between environmental and economic performance. *Journal of Environmental Management*, 339-346.
- [18] Saizarbitoria, I. H., & Landín, G. A. (2011). Impacto de la certificación ISO 14001 en el rendimiento financiero empresarial: Conclusiones de un estudio empírico. *Cuadernos de Economía y Dirección de La Empresa*, 14(2), 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.02.002>
- [19] Testa et al (2013). EMAS and ISO 14001, the differences in effectively improving environmental performance. *Journal of cleaner production*.
- [20] Tibbs, H. B. (1992). Industrial ecology: an environmental agenda for industry. *The whole earth review*.
- [21] Wagner, M. (2005). How to reconcile environmental and economic performance to improve corporate sustainability: corporate environmental strategies in European paper industry. *Journal of Environmental Management*. 76 (2), 105-118.
- [22] World Bank. (2007). *Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible, Resumen Ejecutivo*. Recuperado de: http://siteresources.worldbank.org/INTPERU/SPANISH/Resources/Resumen_Ejecutivo_FINAL_publicado_corregido_Junio_11.pdf
- [23] Yuksel, M., (2008). An empirical evaluation of clean production practices in Turkey. *Journal of cleaner production*, 50-57.
- [24] Zhang, W., & Chen, H. (2006). SPSS12.0 Practical Application of Statistical Analysis. *Posts & Telecom Press*, Beijing, 230-240.
- [25] Zeng, S. X., Meng, X. H., Yin, H. T., Tam, C. M., & Sun, L. (2010). Impact of cleaner production on business performance. *Journal of Cleaner Production*, 18(10-11), 975-983. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.019>
- [26] Zhou, Z.P., Zhao, Y.H., (2002). *Cleaner Production Technology and Application*. Chemical Industry Press in Chinese.